

Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einer Überlagerungslenkung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einem Überlagerungslenkungssystem, bei dem ein vom Fahrer eingegebener Lenkwinkel und ein weiterer Winkel (Zusatzlenkwinkel) ermittelt wird und bei dem der eingegebene Lenkwinkel durch den Zusatzlenkwinkel nach Maßgabe weiterer Größen, insbesondere fahrdynamischer Größen, mittels eines Elektromotors überlagert werden kann.

Heutige Kraftfahrzeuge, insbesondere Personenkraftwagen, sind in der Regel mit hydraulischen oder elektrohydraulischen Servolenkungen ausgestattet, bei denen ein Lenkrad mechanisch mit den lenkbaren Fahrzeugrädern zwangsgekoppelt ist. Die Servounterstützung ist derart aufgebaut, dass im Mittelbereich des Lenkmechanismus Aktuatoren, z.B. Hydraulikzylinder, angeordnet sind. Durch eine von den Aktuatoren erzeugte Kraft wird die Betätigung des Lenkmechanismus in Reaktion auf die Drehung des Lenkrads unterstützt. Dadurch ist der Kraftaufwand des Fahrers beim Lenkvorgang verringert.

Überlagerungslenkungen sind bekannt. Sie sind dadurch charakterisiert, dass dem vom Fahrer eingegebenen Lenkwinkel bei Bedarf ein weiterer Lenkwinkel (Zusatzlenkwinkel) durch einen Aktuator überlagert werden kann. Es werden üblicherweise elektrische Aktuatoren verwendet, die auf ein Überlagerungsgetriebe wirken und den

Zusatzlenkwinkel weitgehend unabhängig vom Fahrer einstellen.

Der zusätzliche Lenkwinkel wird durch einen elektronischen Regler gesteuert und dient beispielsweise zur Erhöhung der Stabilität und Agilität des Fahrzeugs. Nach einem bekannten Regelungskonzept, wie es in der DE 197 51 125 A1 beschrieben wird, werden die Lenkanteile des überlagerten Lenkwinkels unabhängig von einander gebildet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einer Überlagerungslenkung bereitzustellen, welches sicher und zuverlässig arbeitet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Verfahren eine Lenkwinkelregelung mit unterlagerter Strom- bzw. Motormomentenregelung des Elektromotors aufweist.

Dabei wird vorzugsweise ein Soll-Strom bzw. ein Soll-Motormoment erzeugt, durch den der Elektromotor einen zusätzlichen Lenkwinkel in das Lenkungssystem einbringt. Durch den der Lenkungsbetätigung überlagerten Winkel wird der gewünschte Lenkwinkel und damit auch der von weiteren Fahrzeugregelungssystemen ggf. zusätzlich geforderte Zusatzlenkwinkel eingestellt.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass ein Lenkwinkel-Istwert und ein Lenkwinkel-Sollwert ermittelt wird und nach Maßgabe eines Vergleichs zwischen dem Lenkwinkel-Istwert und dem Lenkwinkel-Sollwert ein Soll-Strom oder ein Soll-

Motormoment erzeugt wird, durch den der Elektromotor den Zusatzlenkwinkel in das Lenkungssystem einbringt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass auf Grundlage eines vom Fahrer eingestellten Lenkradwinkels δ_H ein Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} ermittelt wird, wobei der Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} aus dem eingestellten Lenkradwinkel δ_H sowie einem fest oder variabel vorgebbaren Getriebübersetzungsfaktor gebildet wird und der Getriebübersetzungsfaktor entsprechend der gegenwärtigen Fahrsituation, insbesondere einer erfassten Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und/oder einem Lenkradeinschlagwinkel gewählt wird, und dass auf Grundlage des so berechneten Fahrerlenkwunsches ein Lenkwinkel-Sollwert δ_{soll} ermittelt wird und der Lenkungsregelung zugeführt wird.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Fahrerlenkwinkel δ_H ermittelt wird und in Verbindung mit einem Übersetzungsfaktor i_{L1} , mit dem der Fahrerlenkwinkel direkt auf das Lenkgetriebe wirkt, additiv überlagert wird mit einem Zusatz-Lenkwinkel δ_M in Verbindung mit einer zweiten Übersetzung i_{L2} und dass ein überlagerter Lenkwinkel δ_L ermittelt wird und als Istwert $\delta_{L,ist}$ der Lenkungsregelung zugeführt wird, wobei der überlagerte Lenkwinkel δ_L ermittelt wird gemäß folgender Formel:

$$\delta_L = i_{L1} * \delta_H + i_{L2} * \delta_M$$

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass eine Fahrdynamikregelung (ESP-System) mit der Lenkungsregelung zusammenwirkt und dass ein zusätzlicher fahrdynamikabhängiger Lenkwinkel $\Delta\delta$ ermittelt wird, wenn die Notwendigkeit eines stabilisierenden Eingriffs von der Fahrdynamikregelung erkannt wird.

Vorzugsweise wird der auf Grundlage eines korrigierenden Eingriffs eines Fahrdynamikreglers erzeugte zusätzliche fahrdynamikabhängige Lenkwinkel $\Delta\delta$ dem Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} additiv überlagert.

Insbesondere bei hochdynamischen Fahrsituationen wird die Regelung der Überlagerungslenkung durch diese Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens verbessert.

Unter dem Begriff „hochdynamische Fahrsituation“, sind alle Fahrsituationen mit einer relativ raschen Änderung der Fahrzeugrichtung und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit zu verstehen, die zu einer Instabilität des Fahrzeugs bzw. der gewünschten Fahrzeugbewegung führen können. Viele Fahrer sind bei Fahrsituationen im fahrdynamischen Grenzbereich, wie Schleudermanövern, bezüglich eines angebrachten Lenkverhaltens überfordert.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass auf Grundlage der Serienlenkübersetzung $i_{L,serie}$ und durch einen lenkradwinkelabhängigen Verstärkungsfaktor $K1$ und einen fahrzeuggeschwindigkeitsabhängigen Verstärkungsfaktor $K2$ eine resultierende Lenkübersetzung $i_{L,ESAS}$, die dem

Verhältnis der gelenkten Räder δ_v zum Fahrerlenkwinkel δ_H entspricht, ermittelt wird nach folgender Formel:

$$i_{L,ESAS} = \delta_v / \delta_H = i_{L,serie} / (K1 * K2)$$

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass eine Vorsteuerung der Sollgeschwindigkeit des Motors $\omega_{M,soll}$ vorgenommen wird, die aus einer Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ und einer Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M,reg}$ ermittelt wird, wobei die Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M,reg}$ auf Grundlage eines Vergleichs eines Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ mit einem ermittelten Lenkwinkel-Istwerts $\delta_{L,ist}$ ermittelt wird und die Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ aus der zeitlichen Ableitung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und des Fahrerlenkwinkels δ_H sowie einem Übersetzungsfaktor i_{L2} durch folgende Formel ermittelt wird:

$$\omega_{M,vor} = (\dot{\delta}_{L,soll} - i_{L1} \dot{\delta}_H) / i_{L2}$$

Erfindungsgemäß wird die Regelung des Motors der Überlagerungslenkung durch ein Computerprogramm realisiert, das geeignete Programmschritte für die Durchführung des beschriebenen Verfahrens aufweist.

Die Aufgabe wird auch durch eine Lenkung für ein Fahrzeug gelöst, mit einem an einer Lenksäule angeordneten Lenkrad, mit einem Lenkgetriebe, einem an der Lenksäule angeordneten Drehwinkelsensor, einem über ein Überlagerungsgetriebe auf die Lenksäule wirkenden Überlagerungsmotor, einem

elektrischen Lenksteller, einem Sensor zur Messung der Stellung der gelenkten Räder und mit einem Lenkungs-Steuergerät, bei welcher Lenkung das Lenkungs-Steuergerät Mittel zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens nach der Erfindung aufweist.

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Abbildungen (Fig.1 und Fig.5) dargestellt und nachfolgend beschrieben.

Es zeigen:

Fig.1 ein Blockschaltbild der Grundstruktur des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig.2 ein Blockschaltbild der Struktur des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Fig.3 ein Blockschaltbild für die erfindungsgemäße Ermittlung eines Sollwerts und eines Istwerts als Eingangsgrößen der Lenkwinkelregelung,

Fig.4 ein Blockschaltbild für die erfindungsgemäße Ermittlung eines Sollwerts und eines Istwerts als Eingangsgrößen der Lenkwinkelregelung,

Fig.5 ein Blockschaltbild für die erfindungsgemäße Ermittlung einer Motormomentenvorgabe für den Elektromotor zur Einstellung des Überlagerungswinkels, und

Fig.6 ein Blockschaltbild für die erfindungsgemäße Ermittlung eines Feldschwächestroms und eines Sollstroms zur Ansteuerung des Elektromotors.

Die Grundstruktur des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in Fig.1 schematisch dargestellt.

Bei der Grundlenkfunktion wird aufgrund des vom Fahrer eingestellten Lenkradwinkels δ_H 50 über eine feste oder variabel vorgebbare Getriebeübersetzung $i_{L,ESAS}$ 51 der Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 als Lenkwinkel-Sollwert 53 $\delta_{L,soll}$ (Eingangsgröße) für den Lenkungsregelkreis 54 berechnet. Die Grundlenkfunktion beinhaltet dabei im wesentlichen die Wahl einer der gegenwärtigen Fahrsituation, z.B. der erfassten Fahrzeuglängsgeschwindigkeit, entsprechenden Lenkübersetzung $i_{L,ESAS}$. Der Aktuator der Lenkung wird dann entsprechend einem Lenkwinkel δ_L 55 (Ausgangsgröße des Regelkreises 54), angesteuert.

Durch eine -im Grundsatz fahrerwunschenabhängige- Anpassung der Stellung der gelenkten Räder kann die Fahrstabilität einerseits als auch die Agilität des Fahrzeugs erhöht werden. Dazu wird dem Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 ein zusätzlicher fahrdynamikabhängiger Lenkwinkel $\Delta\delta$ 56 auf Grundlage eines korrigierenden Eingriffs eines Fahrdynamikreglers 57 additiv überlagert 58. Als Ergebnis entsteht der Lenkwinkel-Sollwert $\delta_{L,soll}$.

Die Struktur des Verfahrens zeigt Bild 2. Beim Überlagerungsgetriebe wirkt der Fahrerlenkwinkel δ_H als

Eingangsgröße 1 über ein mechanisches Getriebe 2 mit einem Übersetzungsfaktor i_{L1} direkt auf das Lenkgetriebe 3 ($i_{L1} \cdot \delta_H$) 19. Der von einem Motor eingestellte Zusatzlenkwinkel δ_M 16 wirkt über ein zweites Getriebe 17 mit einem Übersetzungsfaktor i_{L2} und wird dem übersetzten Fahrerlenkwinkel additiv überlagert:

$$\delta_L = i_{L1} \cdot \delta_H + i_{L2} \cdot \delta_M$$

Als Ausgangsgröße wird durch das Lenkgetriebe 3 ein resultierender Lenkwinkel δ_v erzeugt, der auf das Fahrzeug einwirkt.

Die Fahrdynamik des Fahrzeugs 5, insbesondere das Giermoment um die Hochachse des Fahrzeugs 5 sowie die Querbewegung, werden ermittelt. Die fahrdynamischen Größen 7 und der Fahrerlenkwinkel δ_H 8 werden einem Fahrdynamikregler 6 als Eingangsgrößen zugeführt. Fahrdynamische Lenkeingriffe werden von dem Fahrdynamikregler 6 als ein Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta$ 9 einem Lenkungsregler 10 als Eingangsgröße zugeführt. Ebenso wird dem Lenkungsregler 10 der Fahrerlenkwinkel δ_H 11 und ein Wert für die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit 12, insbesondere die Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit aus dem Fahrdynamikregler 6 oder einem ABS-Regler, als Eingangsgröße zugeführt. Der Lenkungsregler 10 steuert den Aktuator 14 der Überlagerungslenkungsfunction an 15.

Der Aktuator, insbesondere ein Elektromotor 14, erzeugt einen zusätzlichen Lenkwinkel δ_M , der über ein Getriebe 17

mit einem Übersetzungsfaktor i_{L2} auf das Lenkgetriebe 3 ($i_{L2} \cdot \delta_M$) wirkt 18. Das Getriebe 2 und Getriebe 17 sind hier nur zur Veranschaulichung als zwei einzelne „Getriebe“ dargestellt. Die zwei Übersetzungen der Getriebe 2 und 17 werden aber vorzugsweise durch eine einzige Getriebeeinheit, insbesondere ein Planetenradgetriebe, realisiert.

Wie bereits Fig. 1 zu entnehmen ist, wird der als externer Stelleingriff des Fahrdynamikreglers 6 zu betrachtende Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta$ dem Soll-Lenkwinkel δ_{DRV} der Grundlenkfunktion additiv überlagert 58. Der aus dieser Addition resultierende Lenkwinkel-Sollwert $\delta_{L, \text{soll}}$ wird der Regelung der Überlagerungslenkung zugeführt.

Aus der additiven Überlagerung vom Fahrerlenkwinkel und vom Aktuator aufgebrachten überlagerten Lenkwinkel resultiert ein Summenlenkwinkel δ_L 21, aus dem als resultierende Ausgangsgröße durch das Lenkgetriebe 3 ein resultierender Lenkwinkel δ_v erzeugt wird, der auf das Fahrzeug entsprechend der gewünschten Lenkfunktion einwirkt.

Der resultierende Lenkwinkel δ_L 21 wird dem Lenkungsregler 10 als Eingangsgröße zur Verfügung gestellt 22, ebenso der zusätzliche Lenkwinkel δ_M 23. Auch dem Fahrdynamikregler 6 wird der resultierende Lenkwinkel δ_L als Eingangsgröße zur Verfügung gestellt 26. Auch Signale oder gemessene Größen der Aktuatorik, des Elektromotors 14, werden dem Lenkungsregler 10 zugeführt 24.

Fig.3 zeigt die Bestimmung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und bei Bedarf einer Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ 44 in einem Sollwertbildner 30 sowie die Bestimmung des Istwerts $\delta_{L,ist}$ in einem Istwert-Bildner 31, die als Eingangsgrößen 32,33 des hier betrachteten Lenkungsreglers 34 dienen. Aus Ausgangsgrößen wird ein einzustellendes Motormoment $M_{mot,soll}$ 35 bzw. ein momentenbildender Motorstrom $i_{q,soll}$ erzeugt. Diese Größen sind, ebenso wie eine Kommutierung des Motors (im Falle einer elektronischen Kommutierung) dem Elektromotor zugeordnet.

Regelgröße des Lenkungsreglers 34 ist dabei der Lenkwinkel δ_L , der entweder direkt gemessen wird und dem Istwert-Bildner 31 zugeführt wird 36, oder der mit Hilfe des Motorwinkels δ_M 37 und des Fahrerlenkwinkels δ_H 38 unter Berücksichtigung der Übersetzungsverhältnisse des Überlagerungsgetriebes im Istwert-Bildner 31 berechnet werden kann. Als interne Regelgröße wird die Motordrehzahl $\omega_{M,ist}$ 40 benutzt, welche sich aus dem gemessenen Motorwinkel durch Differentiation berechnen lässt.

Dem Sollwert-Bildner werden ebenfalls der Fahrerlenkwinkels δ_H 41 sowie der Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta$ 42 und die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{KFZ} 43 zugeführt.

Fig.4 zeigt die Bestimmung des Lenkwinkel-Sollwertes $\delta_{L,soll}$ 32 genauer.

Die resultierende Lenkübersetzung $i_{L,ESAS}$ 60 entspricht dem Verhältnis aus dem Winkel der gelenkten Räder

(Radeinschlagwinkel) δ_v zum Fahrerlenkwinkel δ_H . Sie ergibt sich durch zwei Verstärkungsfaktoren K_1 61 und K_2 62, die multiplikativ mit der Serienlenkübersetzung $i_{L,serie}$ verknüpft sind durch folgende Formel:

$$i_{L,ESAS} = \delta_v / \delta_H = i_{L,serie} / (K_1 * K_2)$$

Die Verstärkungsfaktoren repräsentieren dabei einen lenkradwinkelabhängigen 63 Anteil K_1 und einen fahrzeuggeschwindigkeitsabhängigen 64 Anteil K_2 . Sie können frei nach fahrdynamischen Gesichtspunkten bzw. nach Fahrervorgaben gewählt werden. Zur Berechnung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und der Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ 66 wird ebenso der Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta$ 67 berücksichtigt und nach einer Interpolation und Anstiegsbegrenzung 68 ein korrigierter Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta_{IPO}$ 69 dem Fahrerwunsch $\delta_{soll,DRV}$ 70 überlagert 71.

Die Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ 66 wird aus der zeitlichen Ableitung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und des Fahrerlenkwinkels δ_H durch folgende Formel berechnet 72:

$$\omega_{M,vor} = (\dot{\delta}_{L,soll} - i_{L1}\dot{\delta}_H) / i_{L2}$$

Fig.5 zeigt die Lenkwinkelregelung genauer. Diese ist von der Grundstruktur eine Kaskadenregelung. Zur Erhöhung der Regelkreisdynamik wird eine Vorsteuerung der Sollgeschwindigkeit des Motors vorgenommen. Die Sollgeschwindigkeit $\omega_{M,soll}$ wird dabei aus der Motordrehzahl-

Vorgabe $\omega_{M, \text{vor}}$ 81 und der Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M, \text{reg}}$ 93, die als Ausgangsgröße des Winkelreglers aufgrund des Vergleichs des Lenkwinkel- Sollwerts $\delta_{L, \text{soll}}$ mit dem ermittelten Lenkwinkel-Istwerts $\delta_{L, \text{ist}}$ ermittelt wird, gebildet 83. Damit der Lenkkomfort besonders bei langsamen Lenkbewegungen nicht durch die Vorsteuerung beeinträchtigt wird, findet eine Gewichtung des Vorsteuerwertes abhängig von der gewünschten Motorgeschwindigkeit statt 83,84.

Aus der Sollgeschwindigkeit $\omega_{M, \text{soll}}$ 80 und dem Vergleich mit der ermittelten Motor-Istgeschwindigkeit $\omega_{M, \text{ist}}$ 88 wird durch einen Motordrehzahlregler 85 das Motor-Sollmoment $M_{\text{mot, soll}}$ 86 bzw. ein momentenbildender Motor-Sollstrom $I_{q, \text{soll}}$ 87 erzeugt, mit dem der Motor angesteuert werden soll.

In bestimmten Betriebsfällen kann eine größere Motordrehzahl als verfügbar erforderlich werden. In diesem Fall kann durch den Einsatz einer Feldschwächung eine bedarfsabhängige, kurzzeitige Erhöhung der Motordrehzahl ohne Reduktion des verfügbaren Motormoments erreicht werden. Damit verbunden ist eine kurzzeitige Erhöhung der Stromaufnahme. Als Bedarfsfall ist insbesondere das Vorliegen einer sehr direkten Lenkübersetzung sowie eine große Sollgeschwindigkeit seitens des Fahrers oder des Fahrdynamikregelsystems anzusehen. Die resultierende Reglerstruktur stellt eine Erweiterung der in Fig.5 gezeigten Struktur dar und ist in Fig.6 abgebildet. Die bezüglich Fig.5 gleichen Schritte und Elemente sind daher mit denselben Bezugszeichen versehen und werden im folgenden nicht näher erläutert.

Anhand des gegenwärtigen Istzustandes der Lenkung, d.h. anliegende Motor-Istgeschwindigkeit $\omega_{M,ist}$ 100 und der anliegende Lenkwinkel-Wert $\delta_{L,ist}$ 101, sowie des gewünschten Sollzustandes, d.h. Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ 102 und Lenkwinkel-Sollwert $\delta_{L,soll}$ 103 und der Verstärkungsfaktoren der Lenkübersetzung 106 wird über den Einsatz der Feldschwächung und die Höhe des Feldschwächstromes entschieden 104. Ist keine Feldschwächung des Motors erforderlich, dann ist der resultierende Feldschwächstrom $I_{d,soll}$ 105 Null, d.h. 0 A. Neben dem momentenbildenden Strom I_q 87 muss dann die Momentenregelung des elektronisch kommutierten Motors zusätzlich den feldschwächenden Stromwert I_d einregeln.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einem Überlagerungslenkungssystem, bei dem ein vom Fahrer eingegebener Lenkwinkel und ein weiterer Winkel (Zusatzlenkwinkel) ermittelt wird und bei dem der eingegebene Lenkwinkel durch den Zusatzlenkwinkel nach Maßgabe weiterer Größen, insbesondere fahrdynamischer Größen, mittels eines Elektromotors überlagert werden kann,
dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren eine Lenkwinkelregelung mit unterlagerter Strom- bzw. Motormomentenregelung des Elektromotors aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Lenkwinkel-Istwert und ein Lenkwinkel-Sollwert ermittelt wird und nach Maßgabe eines Vergleichs zwischen dem Lenkwinkel-Istwert und dem Lenkwinkel-Sollwert ein Soll-Strom oder ein Soll-Motormoment erzeugt wird, durch den der Elektromotor den Zusatzlenkwinkel in das Lenkungssystem einbringt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass auf Grundlage eines vom Fahrer eingestellten Lenkradwinkels δ_H 50 ein Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 ermittelt wird, wobei der Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 aus dem eingestellten

Lenkradwinkel δ_H 50 sowie einem fest oder variabel vorgebbaren Getriebeübersetzungsfaktor gebildet wird und der Getriebeübersetzungsfaktor entsprechend der gegenwärtigen Fahrsituation, insbesondere einer erfassten Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und/oder einem Lenkradeinschlagwinkel gewählt wird, und dass auf Grundlage des so berechneten Fahrerlenkwunsches ein Lenkwinkel-Sollwert δ_{soll} ermittelt wird und der Lenkungsregelung zugeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrerlenkwinkel δ_H ermittelt wird und in Verbindung mit einem Übersetzungsfaktor i_{L1} , mit dem der Fahrerlenkwinkel direkt auf das Lenkgetriebe wirkt, additiv überlagert wird mit einem Zusatz-Lenkwinkel δ_M in Verbindung mit einer zweiten Übersetzung i_{L2} und dass ein überlagerter Lenkwinkel δ_L ermittelt wird und als Istwert $\delta_{L,ist}$ der Lenkungsregelung zugeführt wird, wobei der überlagerte Lenkwinkel δ_L ermittelt wird gemäß folgender Formel:

$$\delta_L = i_{L1} * \delta_H + i_{L2} * \delta_M$$

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fahrdynamikregelung (ESP-System) mit der Lenkungsregelung zusammenwirkt und dass wenn die Notwendigkeit eines stabilisierenden Eingriffs von der Fahrdynamikregelung erkannt wird ein

zusätzlicher fahrdynamikabhängiger Lenkwinkel $\Delta\delta$ 56, ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der auf Grundlage eines korrigierenden Eingriffs eines Fahrdynamikreglers 57 erzeugte zusätzliche fahrdynamikabhängige Lenkwinkel $\Delta\delta$ 56 dem Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 additiv überlagert wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor nach Maßgabe weiterer Größen zusätzlich mit einem Feldschwächstrom angesteuert wird, zwecks Erhöhung der Motordrehzahl ohne Reduktion des verfügbaren Motormoments.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor zusätzlich mit einem Feldschwächstrom angesteuert wird, wenn eine sehr direkte Lenkübersetzung und/oder eine große Sollgeschwindigkeit gewünscht oder erforderlich ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf Grundlage der Serienlenkübersetzung $i_{L, Serie}$ und durch einen lenkradwinkelabhängigen Verstärkungsfaktor K_1 und einen fahrzeuggeschwindigkeitsabhängigen Verstärkungsfaktor K_2 eine resultierende Lenkübersetzung $i_{L, ESAS}$, die dem Verhältnis der

gelenkten Räder δ_V zum Fahrerlenkwinkel δ_H entspricht, ermittelt wird nach folgender Formel:

$$i_{L,ESAS} = \delta_V / \delta_H = i_{L,serie} / (K1 * K2)$$

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorsteuerung der Sollgeschwindigkeit des Motors $\omega_{M,soll}$ vorgenommen wird, die aus einer Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ und einer Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M,reg}$ ermittelt wird, wobei die Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M,reg}$ auf Grundlage eines Vergleichs eines Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ mit einem ermittelten Lenkwinkel-Istwerts $\delta_{L,ist}$ ermittelt wird und die Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ aus der zeitlichen Ableitung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und des Fahrerlenkwinkels δ_H sowie einem Übersetzungsfaktor i_{L2} durch folgende Formel ermittelt wird:

$$\omega_{M,vor} = (\dot{\delta}_{L,soll} - i_{L1} \dot{\delta}_H) / i_{L2}$$

11. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche geeignet ist.
12. Lenkung für ein Fahrzeug mit einem an einer Lenksäule angeordneten Lenkrad, mit einem Lenkgetriebe, einem an der Lenksäule angeordneten Drehwinkelsensor, einem über ein Überlagerungsgetriebe auf die Lenksäule wirkenden Überlagerungsmotor, einem elektrischen

Lenksteller, einem Sensor zur Messung der Stellung der gelenkten Räder und mit einem Lenkungs-Steuergerät, dadurch gekennzeichnet, dass das Lenkungs-Steuergerät Mittel aufweist zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche.

Zusammenfassung

Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einer Überlagerungslenkung

Ein Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einem Überlagerungslenkungssystem, bei dem ein vom Fahrer eingegebener Lenkwinkel und ein weiterer Winkel (Zusatzlenkwinkel) ermittelt wird und bei dem der eingegebene Lenkwinkel durch den Zusatzlenkwinkel nach Maßgabe weiterer Größen, insbesondere fahrdynamischer Größen, mittels eines Elektromotors überlagert werden kann, ist dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren eine Lenkwinkelregelung mit unterlagerter Strom- bzw. Motormomentenregelung des Elektromotors aufweist.

(Fig.1)